

TRANSPORTECHNOLOGIE UND AUTOMATISIERUNG

H. KRAMPE

Hochschule für Verkehrswesen »Friedrich List« Dresden
Sektion Technische Verkehrskybernetik

Eingegangen am 15 April 1986

Abstrakt

Rolle und Aufgaben der Technologen bei der Notwendigkeit der Automatisierung von TUL (Transport-Umschlag-Lager-) Prozessen, unter besonderer Berücksichtigung der Automatisierungsschwerpunkte, Leitung und Organisation der TUL-Prozesse. Die vom Systemnutzer an die rechnergestützte Projektierung gestellten Anforderungen. Die bei der Automatisierung von TUL-Prozessen gewonnenen Erfahrungen sowie die Konsequenzen für die weitere Tätigkeit.

1. Notwendigkeit der Automatisierung von Transport-, Umschlag- und Lager-Prozessen

Die Entwicklung der Mikroelektronik ist eine der Basisinnovationen unserer Zeit, die allen Fachgebieten wesentliche Impulse gibt. Durch sie werden Reserven für das Leistungswachstum und die Erhöhung der Effektivität der Volkswirtschaft erschlossen. In der DDR ist der Beschluß des X. Parteitages der SED, der den Einsatz von 45 000 Industrierobotern bis 1985 vorsieht, von besonderer Bedeutung. Gerade zwischen dem Robotereinsatz und der Automatisierung der TUL-Prozesse besteht eine enge Wechselwirkung. TUL-Systeme sind unmittelbar mit den Handhabesystemen der Fertigung gekoppelt. Die Handhabevorgänge bewirken, daß allgemein ein Gegenstand in eine vorgegebene Ordnung gebracht, in diesem Zustand vorübergehend gehalten oder weiterbewegt wird. Es ist eigentlich logisch, daß bestimmte Ordnungen der Gegenstände (Material, Werkstücke, Vorrichtungen, Meßmittel) von den TUL-Prozessen vorbereitet oder beibehalten werden. Aus diesem Grund ist die Gestaltung der für den Industrieroboter vor- oder nachgelagerter Prozesse wichtig.

Knapp 1/5 aller eingesetzter Roboter dient gegenwärtig derartigen Zwecken der allgemeinen Maschinenbedienung und -verkettung. Es sind darüber hinaus Untersuchungen über die Automatisierungsmöglichkeiten in den einzelnen Teilsystemen des Produktionsbetriebes angestellt worden. Sie zeigen eindeutig, daß die größten Reserven in den TUL-Prozessen zu suchen sind, die heute als Bereich der Mikrologistik bezeichnet werden. Nicht nur aus dieser Tatsache, sondern aus dem weltweiten Trend zur bedienerarmen Fertigung bzw. zur »automatischen Fabrik« erwachsen umfangreiche Auto-

matisierungsaufgaben, die sehr hohe Anforderungen an den Transporttechnologien im Hinblick auf die termingerechte Ver- und Entsorgung der Fertigungsbereiche stellen werden, wenn die Materialbestände nicht ins Uferlose wachsen, eine hohe Flexibilität der Produktion, eine gute Produktivität sowie entsprechende Ausnutzung der vorhandenen Kapazitäten gesichert werden sollen.

Doch nicht nur die Arbeitsoperationen unterliegen dem Zwang der Automatisierung, sondern auch die Ingenieur Tätigkeiten der technologischen Vorbereitung. So bilden die CAD-Systeme (Computer aided design) eine wichtige Voraussetzung für die Verkürzung des Zeitaufwandes der technologischen Vorbereitung, so daß Ausführungen über die Automatisierung von TUL-Prozessen auch dieses Gebiet berühren. In allen Fällen geht es um Steigerung der Arbeitsproduktivität im volkswirtschaftlichen Größenordnungen.

2. Aufgaben der Technologen

Die Aufgaben der Automatisierung liegt im Schnittpunkt verschiedener Fachdisziplinen. An solchen Projekten haben TUL-Technologen, Förder techniker, Automatisierungstechniker, gegebenenfalls Informatiker und Ökonomen mitzuwirken.

Im folgenden soll speziell die Rolle der Technologen näher beleuchtet werden.

Eine Automatisierung an sich gibt es nicht, sondern in jedem Fall werden bestimmte Arbeitsoperationen automatisiert. Da sich aus einer Folge derartiger Operationen der Prozeß zusammensetzt, müssen wir uns mit diesem beschäftigen. Wir sprechen daher auch von Prozeßautomatisierung, die fortschreitend menschliche Tätigkeit durch die Funktion künstlicher Systeme, also durch Automaten, zum Zwecke einer umfassenden Verbesserung der Lebensbedingungen zum Zwecke einer umfassenden Verbesserung der Lebensbedingungen der Menschen ersetzt wird.

Ein gegebenes TUL-System bietet auf Grund seiner Funktion eine Fülle möglicher Prozesse an. Zur Erfüllung einer konkreten Aufgabenstellung wird jedoch nicht von dieser Gesamtheit Gebrauch gemacht, sondern nur diejenige Teilmenge von Operationen ausgewählt, die die mit der Aufgabe verbundene Zielfunktion am besten erfüllt. Dazu bedarf es bestimmter Verfahren oder einer bestimmten Technologie, also einer konkreten, im gegebenen System realisierbaren Operationsfolge. Damit ist das Zusammenspiel von Arbeitsmittel, Arbeitsgegenstand und Arbeitskräften determiniert.

Die Erarbeitung der Verfahren bzw. deren Auswahl aus einem gegebenen Lösungsvorrat ist Aufgabe der TUL-Technologen. Damit ist auch das Arbeitsgebiet des Technologen in Verbindung mit der Automatisierung eindeutig festgelegt. Es betrifft

- Formulieren der Aufgabenstellung für das Automatisierungsprojekt,
- Durchführen der Prozeßanalyse insbesondere zur Definition des Arbeitsbereiches der eingesetzten TUL-Mittel unter Beachtung der Arbeitsweise, zur Klärung der Eignung der Güter sowie zur Ermittlung der Ablauforganisation (von wem, wo und wann der Prozeß realisiert wird).

Gemeinsam mit dem Automatisierungstechniker werden bearbeitet:

- Bestimmen der Schnittstellen zwischen Prozeß und Automaten (Art und Format der E/A-Signale),
- Entwurf des Programmkonzepts, Algorithmierung der Programmodule,
- Programmieren und Test der Module.

Ein Ablaufschema für diese Aktivitäten ist aus Abb. 1 ersichtlich.

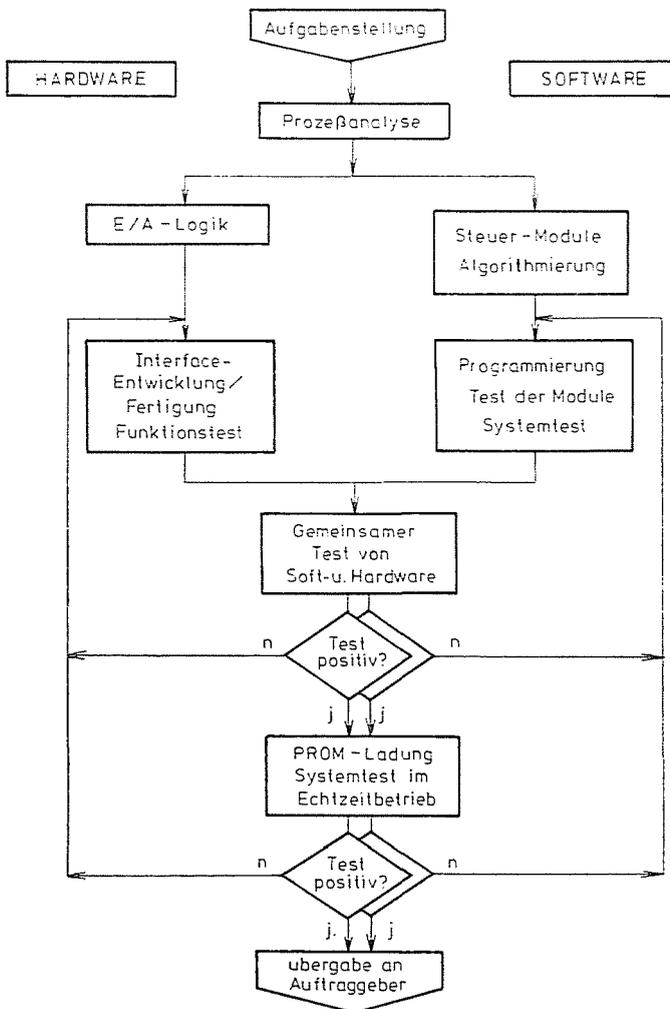


Abb. 1. Ablaufschema für Automatisierungsprojekte

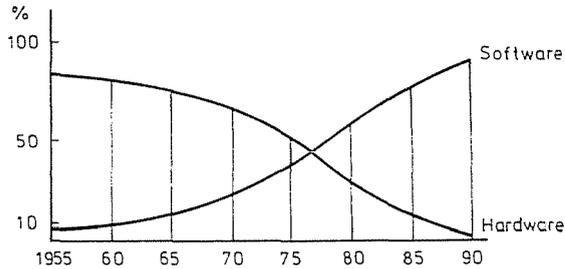


Abb. 2. Entwicklung des Software-Anteils

Untersuchungen zum Einsatz von Mikrorechnern haben deutlich werden lassen, daß der Aufwand für Brainware (Algorithmen für Steuerung und Zustandsanalyse) und Software (Anwender- und Steuerprogramme) schon über 70% des Gesamtaufwandes beanspruchen (Abb. 2).

Eine große Bedeutung für die Automatisierung besitzen auch die Typentechnologien. Das sind standardisierte Verfahren zur Lösung gleichartiger Aufgabenstellungen mit bestmöglicher Effekt. Diese Aufgabe fällt selbstverständlich den Technologen zu, ebenso wie auch die Entwicklung von Transportketten als eine besondere Form der Technologie für die Güterbereitstellung.

Die bisher genannten Aufgaben gehören eindeutig zum Gebiet der technologischen Vorbereitung, das aber bereits seinerseits eine aktuelle Aufgabe der Automatisierung darstellt. Wir beschäftigen uns seit geraumer Zeit mit der Entwicklung spezieller Technologenarbeitsplätze.

Das sind eigentlich Terminals, die mit lokaler Intelligenz und einem Anschluß an Rechenanlagen oder Rechnernetzen ausgestattet sind. Die Vorbereitung der Software und Nutzung solcher Einrichtungen sind ebenfalls Aufgaben der Technologen.

Schließlich sei die Nutzung automatisierter oder automatischer TUL-Anlagen genannt. Die Technologen sind in erster Linie für einen effektiven Betrieb verantwortlich und müssen daher die notwendigen Kenntnisse zur Funktion solcher Anlagen besitzen. Es handelt sich immer um Mensch-Maschine-Systeme, die zu CAM (Computer aided manufacturing) gehören und in denen die Erfahrungen des Menschen mit dem Vermögen des Computers gekoppelt sind.

3. Automatisierungsschwerpunkte

3.1. Überblick

Die Automatisierung der TUL-Prozesse ist an eine Wirkungskette elektronischer und mechanischer Glieder gebunden, deren Prinzip in Abb. 3 dargestellt ist. Dabei muß aber unbedingt auch die Stellung des Menschen

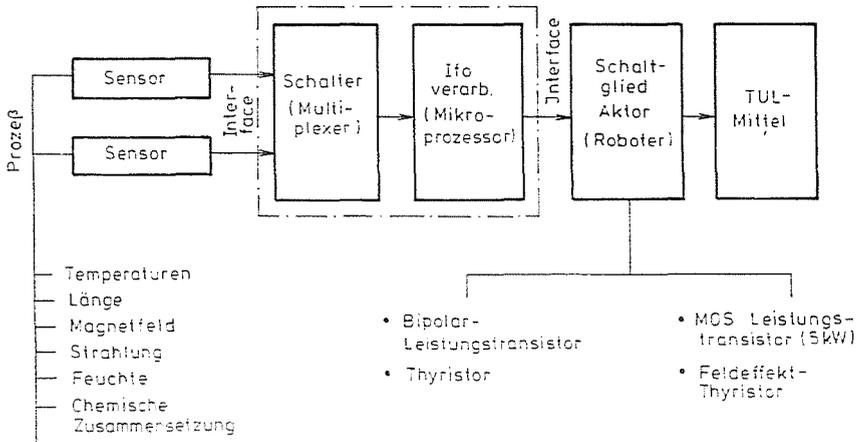


Abb. 3. Wirkungskette der Steuerung

beachtet werden. So kann der Mensch noch die Ausführung einiger Operationen bei der off-line-Steuerung übernehmen. Er wird in der Regel zu seiner Unterstützung Rechner benutzen, um seine Entscheidungen schneller treffen zu können.

Bei der on-line-Steuerung übernimmt der Mensch nur noch Kontroll und Wartungsfunktionen. Eine Übergangsform stellt der on-line open-loop-Betrieb dar, bei dem der Rechner seine Informationen automatisch von der Regelstrecke erhält und der Mensch nach dessen Empfehlungen den Regler bedienen kann. Beim on-line closed-loop-Betrieb muß der Mensch noch Überwachungsfunktionen wahrnehmen.

Unabhängig von der Stellung des Menschen lassen sich die Steuerungsaufgaben hierarchisch gliedern (Abb. 4). Es sind zu unterscheiden

- operative Steuerungsebene
- dispositive Steuerungsebene
- administrative Steuerungsebene,

wobei die Wirkungsrichtung der Verarbeitung, also der Fühlzweig, von der operativen zur administrativen Ebene und die Wirkungskette in umgekehrter Richtung verläuft.

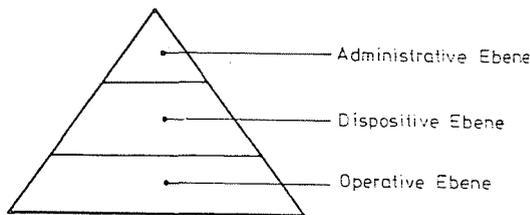


Abb. 4. Hierarchische Gliederung der Steuerungsaufgabe

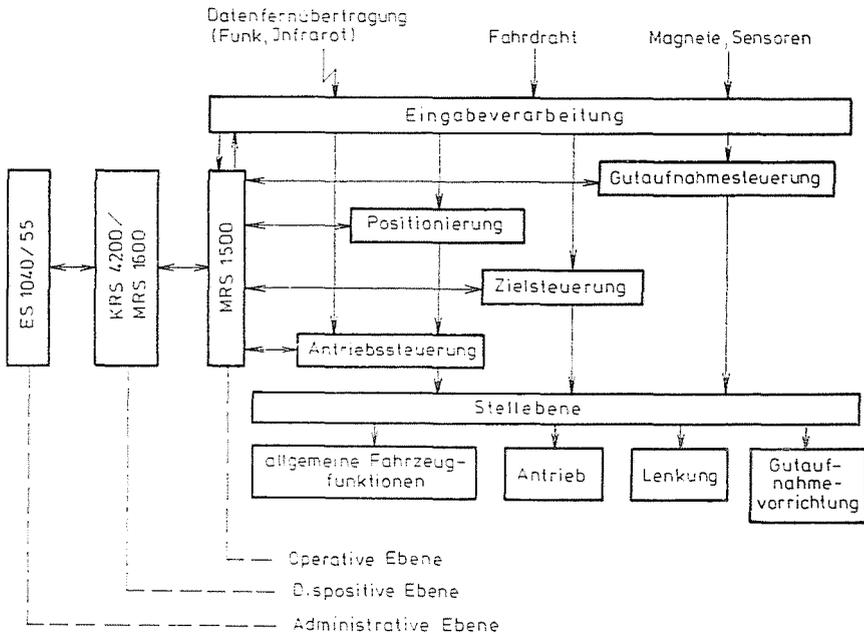


Abb. 5. Typische Steuerungsaufgaben der operativen Ebene

In der operativen Ebene sind die in Abb. 5 dargestellten Aufgaben im Prinzip immer zu lösen.

Im folgenden wird auf zwei Schwerpunkte eingegangen, die der Technologie führend lösen muß. Es handelt sich um den Aufbau automatisierter Leitungssysteme im innerbetrieblichen Transport, eine Problemstellung, die der dispositiven Ebene vorrangig zugeordnet werden muß und um die Automatisierung der technologischen Vorbereitung von TUL-Prozessen, die außerhalb der aufgezeigten Steuerungshierarchie liegt, allenfalls mit der administrativen Ebene tangiert.

3.2. Erprobung automatisierter Leitungssysteme

TUL-Prozesse sind Arbeitsprozesse und benötigen als solche eine Leitung und Organisation. Die Leitung sichert das effektive Zusammenwirken aller am Prozeß beteiligten Komponenten. Das Grundanliegen besteht im Umsetzen der objektiven Anforderungen in das bewußte Handeln des Menschen, unter Beachtung einer bestimmten Zielfunktion, zum Beispiel

- Minimierung von Durchlaufzeiten
- Reduzierung des TUL-Aufwandes
- Minimierung des Energieverbrauchs
- Maximierung von Wirkungsgraden und anderem.

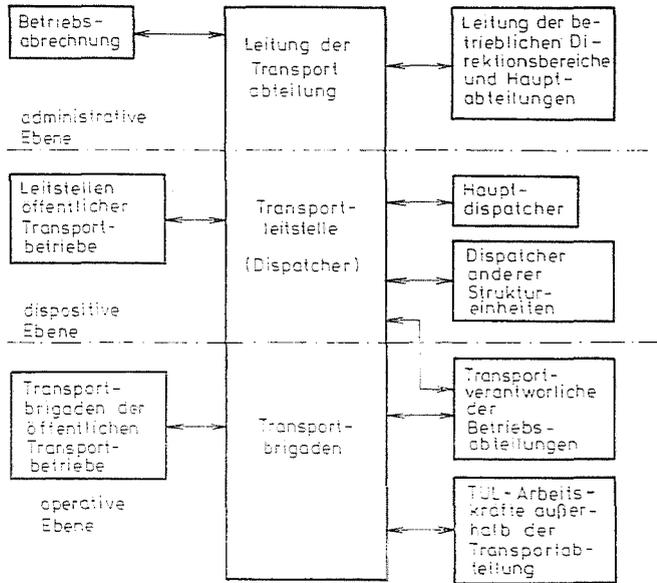


Abb. 6. Hierarchische Gliederung der Leitung des innerbetrieblichen Transport

Automatisierte Leitungssysteme sind nötig, um die Reaktionszeiten dieser Systeme zu verbessern und damit größere Effekte zu erschließen. Es handelt sich um Mensch-Maschine-Systeme, die hierarchisch strukturiert und bestimmten Arbeitsebenen zugeordnet sind (Abb. 6).

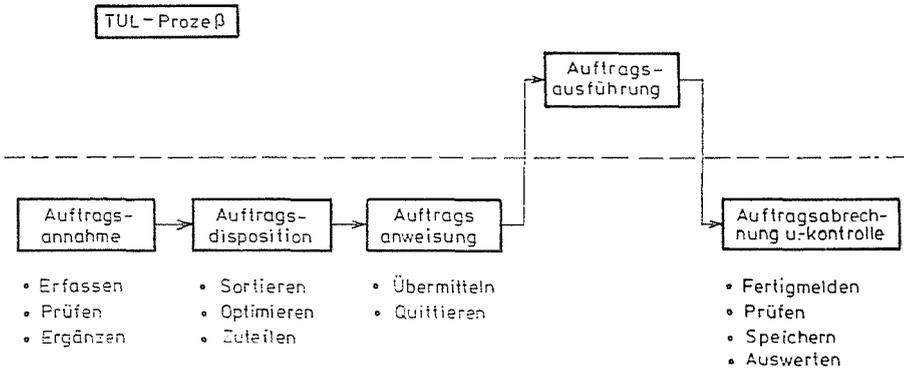
Die Informationsorganisation gewährleistet den Informationsfluß zwischen allen an der Aufgabenerfüllung beteiligten Systemelementen mit Hilfe eines entsprechenden Informationssystems. Dies wird durch den Steuerzyklus

- Informationsgewinnung
- Informationsverarbeitung
- Treffen von Leitungsentscheidungen
- Festlegen und Realisieren von Steuermaßnahmen

gezeichnet, wie es beispielsweise an der Auftragsbearbeitung im innerbetrieblichen Transport dargestellt werden kann (Abb. 7).

Materielle Grundlage des Steuerzyklus ist der *gewährleistende Teil* des ASL als Gesamtheit der Mittel und Kräfte zur Sicherstellung des Systems, also zu personellen, organisatorisch, technisch, informationell und mathematischen Gewährleistung.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang der hierarchische Aufbau des Rechnersystems, wobei allerdings noch neue Formen der Datenübertragung in Form von Induktionsschleifen, Datenfunk und IR-Strecken auftreten (Abb. 8).



Steuerung

Abb. 7. Auftragsbearbeitung im innerbetrieblichen Transport

Das Leitungssystem kann nur dann funktionieren, wenn ständig ein umfassender Überblick über das Transportaufkommen und die verfügbaren Transportmittel besteht. Die für die Transportvorbereitung und die unmittelbare Transportdurchführung erforderlichen Informationsbeziehungen sind im Abb. 9 dargestellt.

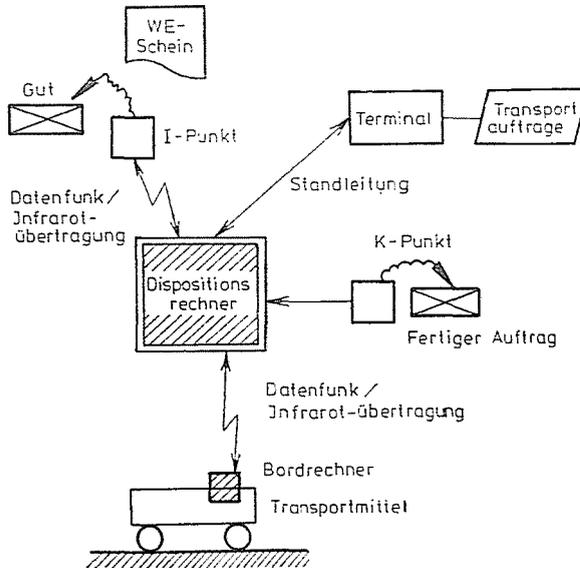


Abb. 8. Automatisierte Steuerung im innerbetrieblichen Transport

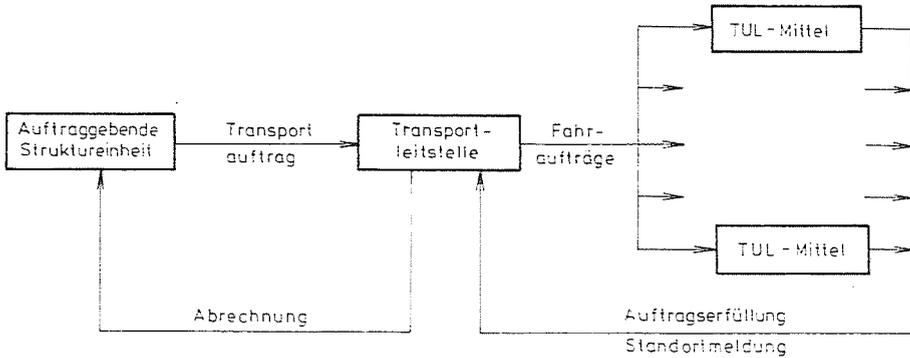


Abb. 9. Informationsbeziehungen für das Leitungssystem

3.3. Rechnergestützte technologische Vorbereitung von TUL-Prozessen

Die technologische Vorbereitung ist für die Qualität der späteren Prozeßdurchführung von entscheidender Bedeutung.

Es ist die gedankliche Vorwegnahme der Prozeßabläufe, das Fixieren der Technologie, also des Zusammenspiels zwischen Arbeitskraft, -gegenstand und -mittel auf der Grundlage einer bestimmten Zielfunktion und der entsprechenden Organisation.

Zur technologischen Vorbereitung gehört die Projektierung, auf die wir uns zunächst konzentrieren wollen.

Die rechnergestützte Projektierung ist ein zukunftsorientierter Weg zur Rationalisierung der technologischen Vorbereitung. Wir sprechen deshalb von *rechnergestützter* Projektierung, weil es sich um ein Mensch-Maschine-System handelt, in dem der Mensch nach wie vor die schöpferische Führung des Projektierungsprozesses behält. Er muß allerdings folgende Aufgaben übernehmen, wenn er als *Systemnutzer* auftreten will:

- Beherrschung der rechnergestützten Arbeitsweise, Kenntnisse zur Kommandosprache der Mensch-Maschine-Kommunikation,
- Integration der lokalen rechentechnischen Basis in das Gesamtsystem,
- Adaption der fachspezifischen Programmbasis unter Bezugnahme auf eine vorher geschaffenen Datenbasis, die bei der zentralen EDVA im wesentlichen verwaltet wird,
- Pflege und inhaltliche Weiterentwicklung des speziellen Systems.

Von der rechnergestützten Projektierung wird erwartet

- Verbesserung der Projektqualität durch
 - . bessere und umfassendere Aufbereitung der Eingangsinformationen
 - . modellmäßige Funktionserprobung

- . Optimierungsrechnung und umfassende Variantenuntersuchung und -bewertung
- . Verminderung von Projektierungsfehlern;
- Steigerung der Arbeitsproduktivität durch
 - . Verringerung der Bearbeitungszeiten
 - . Befreiung der Projektanten von Routinetätigkeiten zugunsten schöpferischer Arbeit.

Die rechnergestützte Projektierung bildet ihrerseits nur einen Bestandteil eines größeren Informationssystems, des CIM-Computer Integrated Manufacturing. Speziell gehört sie zu den CAD-Systemen für die Produktentwicklung und -konstruktion.

Sachlich stellt die Projektierung einen informationsverarbeitenden Prozeß dar, bei dem Eingangsinformationen auf Grund bestimmter Algorithmen in Ausgangsinformationen transformiert werden.

Das interaktive System wird charakterisiert durch

- Interaktive Elemente
 - . Projektant mit seinen Kenntnissen und Intuitionen
 - . EDVA mit Programm- und Datenbasis
- Relationen
 - . Kommunikationsmöglichkeiten für Dateneingabe
 - . Möglichkeiten für die Datenausgabe (Abb. 10)
- Interaktiven Prozeß
 - . Aktionen des Projektanten für Dateneingabe, Programmauswahl, Antworten im Dialog
 - . Reaktionen der EDVA.

Die praktische Realisierung interaktiver Systeme führt zum Technologenarbeitsplatz (TAP) für spezielle Aufgaben, beispielsweise für die Stückgutlagerprojektierung. Die Nutzung ist in verschiedenen Projektierungsphasen möglich.

Das Spektrum reicht von der Auftragsannahme bis zur Anfertigung bestimmter Teile der Projektdokumentationen. An der Entwicklung einschlägiger Software-Pakete und der methodischen Grundlage für die Nutzung wird gegenwärtig gearbeitet.

4. Erfahrungen bei der Automatisierung von TUL-Prozessen

Bei der Realisierung von Automatisierungsaufgaben müssen wir davon ausgehen, daß in der Regel keine schlüsselfertigen Steuerungssysteme angeboten werden und daher noch Entwicklungs- bzw. Applikationsarbeiten durchzuführen sind.

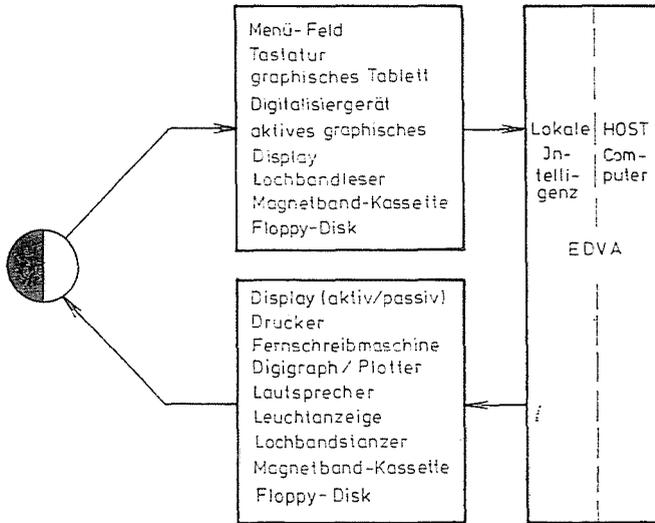


Abb. 10. Kommunikationsmöglichkeiten für den Mensch-Maschine-Dialog

Dies führt gegenwärtig noch zu einigen Problemen. Bei entsprechender Beachtung lassen sich jedoch Schwierigkeiten und Mängel von vornherein vermeiden.

Die Lösung wird sehr häufig durch unzureichende Aufgabenstellungen und unklare Hardwarekonzepte negativ beeinflusst. Diese Tatsache ist meist noch ungenügenden Kenntnissen der späteren Betreiber geschuldet. Die Prozeßbeschreibungen sind nicht eindeutig. Die Strukturierung der Steuerungsebenen sowie deren Aufgabenabgrenzung bleiben unklar. Die Schnittstellen zu anderen Ebenen und Nachbarsystemen werden nicht exakt definiert. Außerdem wirken sich Restriktionen aus dem Hardware-Bereich und Kompromisse bei der Integration von Spezialperipherie negativ auf die Lösungen aus. Diese Probleme stören die Entwicklung eines möglichst universellen Software-Konzepts und führen damit zu Sonderlösungen.

Der Leidtragende ist dann meist der Betreiber, der mit der Unzuverlässigkeit der Anlage, mit Fragen der Akzeptanz durch die Arbeitskräfte und mit Produktionsausfällen rechnen muß.

Deshalb muß der Vorbereitungstätigkeit, beginnend beim Pflichtenheft, größte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Dabei sind auch Fragen der Erweiterung, des Zeitverhaltens der Steuerung und der notwendigen und zweckmäßigen Benutzerperipherie zu beachten.

5. Konsequenzen für die weitere Arbeit

Die dargestellten Aufgaben und vorhandene Schwachstellen bei der Vorbereitung und Realisierung von Automatisierungsprojekten müssen Anlaß zu einigen Schlußfolgerungen geben.

An erster Stelle stehen dabei Bildungskonsequenzen. Der Beschluß für die Gestaltung der Aus- und Weiterbildung der Ingenieure und Ökonomen in der DDR vom 28. 6. 1983 gibt dafür eine gute Möglichkeit. In den Ausbildungsprofilen wird in hohem Maße die Befähigung zum aktiven Mitwirken an den

Ausbildungskomplex	Semester							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Grundlagen								
Elektrotechnik i. Elektronik	2/1	2/1	1/-/2					
Regelungstechnik/Prozeßsteuerung/Mikrorechen-technik			2/2	2/0	0/0/1			
Informationsverarb.			3/2	0/0/2				
Systemanalyse								
Stoffflußsystem				2/2				
Modellierung und Bewertung			2/1	3/2	1/2			
Zuverlässigkeitstheorie					1/1			
Anwendung								
Projektierung TUL						2/2		
Betriebsprojektierung								1/1
Fertigungsprozeßgest.								1/0
Funktionserprobung/Steuerung								2/2/1
Roboter-technik								1/0
	2/1	2/1	8/5/2	7/4/2	2/3/1	2/2		5/3/1

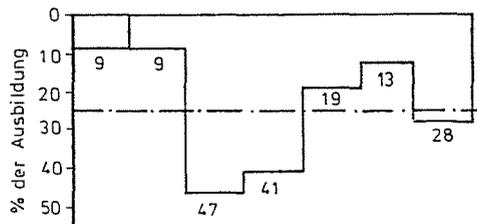


Abb. 11. Ausbildung von ITUL-Technologen

bestimmenden Innovationen der Gegenwart und Zukunft gefordert, also aktive Kenntnisse in der Entwicklung und Anwendung der Mikroelektronik, der Gestaltung progressiver Technologien und der Automatisierung der Produktion. Der Maßstab zur Berücksichtigung dieser Anforderungen muß die bereits bestehende Ausbildung für ITUL-Technologen sein (Abb. 11). Auf diesem Fundament kann aufgebaut werden.

Hinzu kommen die Weiterbildungsmaßnahmen für Praxiskader nach einem bestimmten Stufenprogramm im Hochschulwesen bzw. in differenzierter Form in den Kombinat- und Industriezweigen mit starker Zweckorientierung.

Die Forschungskonsequenzen müssen sich auf

- das Ermitteln bedeutsamer Einsatzmöglichkeiten,
- das Untersuchen der Automatisierungswürdigkeit,
- das Schaffen von Software für Funktionseinheiten und Baugruppen,
- das Entwickeln standardisierter Anpassungselektronik für multivalenten Einsatz,
- das Untersuchen der Zuverlässigkeit automatisierter Systeme unter besonderer Berücksichtigung der Schnittstellen zu anderen Systemen und
- die Weiterentwicklung der Steuerungsalgorithmen konzentrieren.

Bei der Überführung in die Praxis haben sich das Schaffen von Pioniereinsatzfällen zum Sammeln von Erfahrungen und das Bilden von Applikationsgruppen, die aus Entwicklern und Nutzern bestehen, bewährt. Inzwischen existieren in zahlreichen Industriezweigen bzw. Kombinat-entsprechende Zentren, die entweder selbständig Mikrorechnerprojekte ausarbeiten oder als Konsultationspunkte für die Anwender dienen.

Prof. Dr. sc. techn. Horst KRAMPE DDR-8010 Dresden Friedrich-List-Platz 1.